



SUJET DE STAGE

**MÉTHODES NUMÉRIQUES POUR LA DYNAMIQUE  
NON-RÉGULIÈRE**

**DÉPARTEMENT  
ÉLECTROTECHNIQUE  
ET MÉCANIQUE DES  
STRUCTURES**

Chef de groupe :

Aurélie LASOROSKI

Date :

Signature :

### **Contexte général**



Au sein d'EDF R&D, le département « Electrotechnique et Mécanique des Structures » (ERMES) réalise des activités de recherche et de développement dans le domaine du comportement mécanique des structures (sous chargement statique et dynamique, linéaire et non-linéaire), afin de contribuer à la performance, à la durée de fonctionnement, et à la sûreté du parc de production électrique d'EDF, ainsi qu'à son évolution. La modélisation numérique est l'un des outils (voire parfois le seul) utilisés pour traiter ces problématiques.

Pour faire face à ces difficultés, EDF R&D développe au sein du département ERMES le code de calcul par éléments finis **code\_aster** au sein de la plateforme **salome\_meca** (deux logiciels open-source) utilisés à la fois pour la recherche de pointe en mécanique numérique mais aussi pour les études d'ingénierie d'EDF avec le système d'assurance-qualité exigé de l'industrie nucléaire.

### **Contexte particulier au stage**

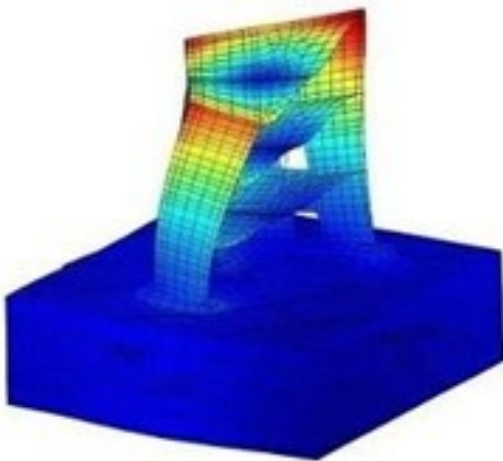


Figure 1: Bâtiment soumis à un séisme (SMART)

Il s'agira ici plus particulièrement d'étudier les méthodes numériques pour la **modélisation et la simulation de dynamiques non-régulières**. En effet, le perfectionnement de méthodes numériques pour la prise en compte de dynamiques non-régulières, comme le contact et le frottement, est déterminante pour la simulation et l'optimisation du comportement de structures et d'équipements lorsqu'ils sont soumis à des sollicitations extrêmes (séismes par exemples). C'est un enjeu important en ce qui concerne la sûreté du parc de production électrique. On doit alors disposer de méthodes robustes, qui fournissent des résultats fiables et précis, tout en satisfaisant des contraintes d'implémentation et de temps de calcul.

Il s'agira dans ce stage d'étudier et de tester numériquement différentes approches de discrétisation pour des problèmes de contact dynamique entre structures élastiques. Les conditions de contact seront discrétisées à l'aide de la méthode de Nitsche (*Chouly et al., 2017*). Ceci, combiné à des éléments finis, permet d'aboutir à un problème d'évolution en temps uniquement (système d'équations différentielles), sur lequel on peut appliquer différents schémas numériques.

*Ce travail est proposé dans le cadre d'une collaboration avec l'université de Bourgogne pouvant déboucher à terme sur une proposition de thèse (CIFRE).*



SUJET DE STAGE

**MÉTHODES NUMÉRIQUES POUR LA DYNAMIQUE  
NON-RÉGULIÈRE**

**DÉPARTEMENT  
ÉLECTROTECHNIQUE  
ET MÉCANIQUE DES  
STRUCTURES**

Chef de groupe :

Aurélie LASOROSKI

Date :

Signature :

**Activités confiées au stagiaire:**

Les objectifs principaux du stage sont :

- De réaliser dans un premier temps une étude théorique : il s'agira en particulier de comprendre la méthode de Nitsche et les clés de son implémentation (en utilisant Matlab ou GetFEM++ par exemple), d'une part, et, d'étudier différents schémas en temps potentiellement candidats pour l'implémentation dans le code de calcul d'EDF (*code\_aster*).
- D'implémenter les méthodes retenues dans *code\_aster* et de les évaluer : il faudra alors adapter les méthodes retenues au point précédent à l'architecture spécifique de *code\_aster*, puis les évaluer via des tests simples, mais qui peuvent mettre en évidence les défauts de certains schémas (en terme de non-conservation de l'énergie, de présence d'oscillations parasites non physiques, etc.) (*Doyen et al., 2011*) (*Stasio et al., 2019*).

**Compétences mises en œuvre** : mathématiques appliquées, calcul scientifique, développement informatique.

**Profil souhaité**

- 3<sup>ème</sup> année d'École d'ingénieurs, Master 2
- Formation en mathématiques appliquées (analyse numérique, calcul scientifique)
- Bases solides en programmation (Fortran, C, C++, Matlab et/ou Python)
- Intérêt pour la mécanique et les problématiques industrielles
- La connaissance d'un code élément fini en particulier *code\_aster* et *salome\_meca* est un plus.

**Modalités**

- Durée : 6 mois à partir d'avril 2019.
- Localisation : le stage se déroulera à Institut de Mathématiques de Bourgogne (Dijon) et EDF Lab Paris Saclay.
- Contacts EDF : Mickaël Abbas et Guillaume Drouet - EDF Lab Paris Saclay - 7, Boulevard Gaspard Monge - 91120 Palaiseau – [mickael.abbas@edf.fr](mailto:mickael.abbas@edf.fr), [guillaume.drouet@edf.fr](mailto:guillaume.drouet@edf.fr)
- Contact Université de Bourgogne : Franz Chouly, Institut de Mathématiques de Bourgogne – [franz.chouly@u-bourgogne.fr](mailto:franz.chouly@u-bourgogne.fr)



SUJET DE STAGE  
MÉTHODES NUMÉRIQUES POUR LA DYNAMIQUE  
NON-RÉGULIÈRE

DÉPARTEMENT  
ÉLECTROTECHNIQUE  
ET MÉCANIQUE DES  
STRUCTURES

Chef de groupe :

Aurélie LASOROSKI

Date :

Signature :

## ***Bibliographie***

(Chouly *et al.*, 2017) Chouly, F., Fabre, M., Hild, P., Mlika, R., Pousin, J., & Renard, Y. (2017). An overview of recent results on Nitsche's method for contact problems. In *Geometrically unfitted finite element methods and applications* (pp. 93-141). Springer, Cham.

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-71431-8\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-71431-8_4)

[https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01403003/file/overview-nitsche-contact\\_v2.pdf](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01403003/file/overview-nitsche-contact_v2.pdf)

(Doyen *et al.*, 2011) Doyen, D., Ern, A., & Piperno, S. (2011). Time-integration schemes for the finite element dynamic Signorini problem. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 33(1), 223-249.

<https://epubs.siam.org/doi/abs/10.1137/100791440>

<https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/440128/filename/dynacontact.pdf>

(Stasio *et al.*, 2019) Di Stasio, J., Dureisseix, D., Gravouil, A., Georges, G., & Homolle, T. (2019). Benchmark cases for robust explicit time integrators in non-smooth transient dynamics. *Advanced Modeling and Simulation in Engineering Sciences*, 6(1), 2.

<https://amses-journal.springeropen.com/articles/10.1186/s40323-019-0126-y>